

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ОДНОМЕРНОГО ВОЛОКНА СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ

Медведев К.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: cirili@mail.ru

Выяснение молекулярно-клеточных механизмов возбуждения и сокращения сердечной мышцы является основой для понимания ее функционирования в норме и патологии, а также для диагностики, прогноза и рациональной терапии заболеваний сердца.

Целью данной работы является создание математической модели активного электромеханического поведения одномерной сердечной мышцы для воспроизведения проведения электрического возбуждения и сократительной активности миокарда.

Разработанная математическая модель волокна основана на континуальном описании миокардиальной ткани. С одной стороны, миокардиальная ткань рассматривается как сплошная среда. С другой стороны, каждой точке этой среды ставится в соответствие кардиомиоцит [1].

Особенностью разработанной модели является подробное описание функции сократительных белков и их кальциевой активации. Эти механизмы обеспечивают воспроизведение в рамках модели широкого круга экспериментальных данных о влиянии механических условий сокращения миокарда не только на собственно механическую активность сердечной мышцы, но и на кинетику внутриклеточного свободного кальция и генерацию потенциала действия

Электрическая волна возбуждения волокна описывается уравнением реакционно-диффузионного типа (1) для распространяющегося в среде потенциала действия [2].

$$\frac{\partial V(x,t)}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 V(x,t)}{\partial x^2} - \frac{1}{C_m(x)} \cdot \sum i_{ion}(x,t). \quad (1)$$

где $V(x,t)$ – потенциал действия; D – коэффициент диффузии; $C_m(x)$ – емкость мембраны; $i_{ion}(x,t)$ – ионные токи, проходящие через мембрану клетки.

Континуальная модель однородного мышечного волокна воспроизводит: распространение электрической волны возбуждения вдоль волокна с физиологически адекватной скоростью (0,46 м/с); процессы укорочения-растяжения и генерации силы в сегментах волокна по ходу распространения волны возбуждения; изменение концентраций основных внутриклеточных ионов, ответственных за изменение мембранного потенциала и сократительную функцию в клетках при различных режимах сокращения (рис. 1).

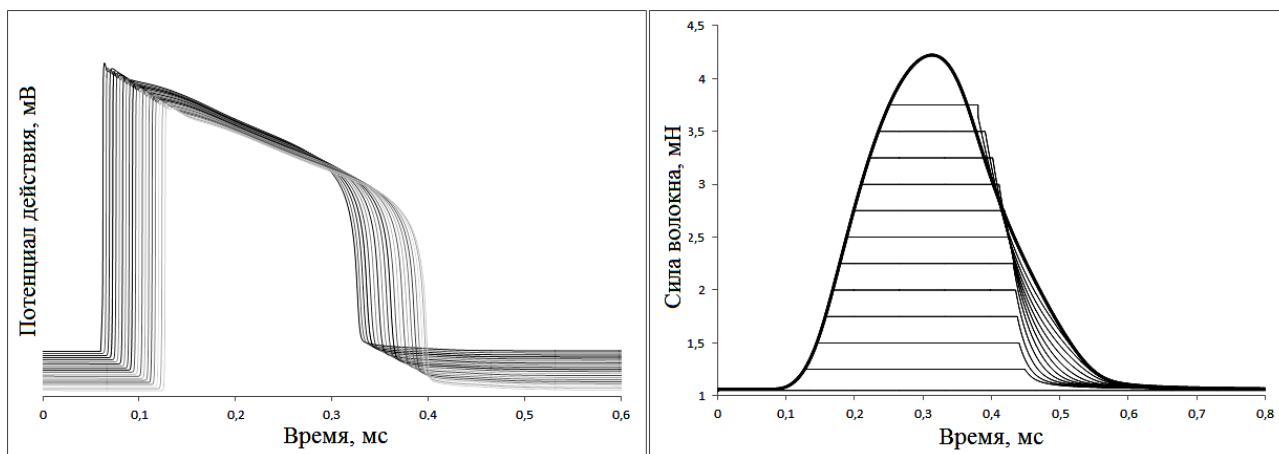


Рис. 1. Фиксируемые потенциалы действия в клетках волокна (слева). Сила волокна в изометрическом режиме сокращения и в изотоническом режиме сокращения при различных постнагрузках (справа).

Важным звеном модели является то, что она позволяет определить связь между длинами на микроуровне (клетка) и макроуровне (ткань). Поэтому внутренние длины клеток и их непрерывное изменение учтены в модели. Построенные соотношения между макро- и микродлинами позволяют перенести влияние механической активности миокарда на электрическую функцию с клеточного уровня на уровень сплошной среды.

1. T. B. Sulman, et al., Bulletin of Mathematical Biology, 2008, 70(3), 910-49.
2. L. B. Katsnelson, et al., Journal of Theoretical Biology, 2011, 272(1), 83-95.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ АНАЛИЗА МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР С ВИРУСОМ ГЕРПЕСА

Владимиров А.П.^{1,2}, Михайлова Ю.А.^{1,2*}, Малыгин А.С.¹,
Бородин Е.М.¹, Бахарев А.А.², Порываева А.П.²

¹⁾ Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²⁾ ФБУН «Екатеринбургский НИИ вирусных инфекций» Роспотребнадзора,
г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: julia_mikhailova2104@mail.ru

Перспективным инструментом для изучения микроскопических процессов, происходящих в биологических средах, является метод регистрации динамики лазерных спеклов или биоспеклов [1]. Спеклы (англ. speckle – крапинка, пятнышко) – случайная интерференционная картина, которая образуется при вза-